Taste

As taste cannot be measured objectively, and because there is considerable variation among consumers as to which tastes are acceptable, a maximum acceptable limit for drinking water has not been specified.

Definition and Measurement

In the assessment of drinking water quality, the sensations of taste and odour are complementary. In general, the sense of taste is most useful in detecting the ionic, inorganic constituents of drinking water, and the sense of smell is most useful in detecting the covalent, organic constituents. Another way in which the senses of taste and smell complement each other is in their detection limits; much lower concentrations of matter can usually be detected by odour than by taste.[1]

It is important to distinguish the taste of a substance from its flavour. The latter is a complex sensation affected primarily by taste, odour and temperature and secondarily by other factors such as texture and pungency. Formal theories and definitions of taste suggest that this sense is responsive only to the sensations of sweetness, sourness, saltiness and bitterness; nuances of taste are thought to be due to the degree to which various taste papillae respond to these sensations.[2] From a rigorous point of view, therefore, the taste of drinking water can be defined as the sensation that is due to the presence of substances in water that have negligible vapour pressures and negligible odours. It follows that taste tests should be performed only on water samples that are free of odour. Failure to make this distinction is responsible for much of the confusion that prevails in the older water quality literature on organoleptic testing.

Two types of taste test have been applied to drinking water. One is an attempt to describe the intensity of the taste quantitatively in terms of a "tasteless" standard (distilled water); the other is an attempt to describe the acceptability of the water's taste in terms of subjective rating scales that are given numerical values. The Canadian requirement that the taste of drinking water be inoffensive is based on a qualitative variant of the second type of test.

Taste tests in general have received considerable criticism. The use of distilled water as the standard for "tasteless" water in taste threshold tests and as a mouth rinse in subjective tests probably introduces a bias in the test results; only a few investigators have attempted to compensate for this bias.[3] The concept of a sensory threshold has also been questioned.[4] Taste tests that involve large panels of judges are expensive, time-consuming and difficult for small treatment facilities to perform.[5] Taste tests performed in water treatment plants may underestimate the taste of the water delivered to the consumer because, at the plant, objectionable tastes can be masked by residual chlorine, but the masking effect will diminish as the chlorine residual decreases in the distribution system.[5] Alternatively, chemicals employed to dechlorinate water prior to testing in order to avoid this effect may augment the taste of the water.[5] Further criticisms include the large margin of human error possible in taste tests and the possibility of bias owing to local physiological adaptation to and preference for a given taste.[5] Further substantial difficulty arises from differences in how tests are conducted and variations in the statistical manipulation and interpretation of taste test data; much of the difficulty seems to stem from differences of opinion on what point in the wide range of panel test results should be regarded as the taste threshold. Because of the above limitations, it has been the opinion of reviewers for some time that much more research on taste tests and development of new methods for taste testing are required.[6]

The most important consideration with respect to the measurement of taste in drinking water is the difficulty in relating the results of a threshold test panel to the consumer acceptance of a water supply.[7] Taste thresholds can be measured only for individuals, and panel results give a range of threshold values. As communities are much larger than test panels, the upper limit of acceptability for many consumers may lie below the lower limit of detection for the test panel. Purveyors of water must therefore strive for the total elimination of offensive tastes and should continuously monitor the taste of the water during the various stages of its treatment so that preventive action can be taken before consumer complaints begin.

Occurrence

Taste and odour problems in drinking water supplies constitute the largest single class of consumer complaints. They may occur in any type of water and at any time of year; they may be of natural origin or due to industrial activity; and they may be associated primarily with the raw water, the treatment method or the distribution system, or with combinations of the three.

The results of a taste and odour survey of 120 U.S. and Canadian water treatment plants have been published.[8] Of the 11 Canadian plants participating in this survey, only two reported the absence of taste and odour problems. Supplies using groundwater for a raw water source had the fewest problems (40% of respondents). Seventy percent of suppliers using mixed groundwater and surface water and 85% of suppliers using surface water reported taste and odour problems. The majority of the surface water suppliers reported a seasonal variation in taste and odour problems, which suggests that their most frequent problems may be biological in origin.

Relationships with Other Water Quality Parameters

Other drinking water parameters may be associated with taste and odour in any one of three different ways: they may be related to taste only, to odour only or to both taste and odour.

Physical Characteristics

In general, non-specific taste (and odour) problems are associated with high concentrations of colour and turbidity in water, and it has been suggested that this may be due to the presence of colloidal constituents.[9] In support of this hypothesis, it has been reported that occurrences of taste (and odour) are almost non-existent in water from treatment plants in which there is an efficient flocculation process.

Temperature is related to the taste of water in several ways. Taste acuity depends on temperature.[10] An optimum response is obtained with water at or near body temperature.[7] The degree to which taste is influenced by temperature is a function of the specific taste-causing substance, however.[10] Temperature will also affect the taste of water to the degree with which it influences chemical equilibria in favour of taste constituents. The growth rate of micro-organisms, which may produce bad-tasting metabolites, is enhanced by higher temperature, as is the rate of formation of offensive-tasting corrosion products.

The pH of water can notably influence its taste (and odour) in instances in which pH controls the equilibrium concentration of the neutral and ionized forms of a substance in solution. Solution pH also has a strong effect on reactions that produce products with intense flavours, such as chlorophenols.

Microbiological Characteristics

High densities of certain nuisance organisms in water can result in offensive tastes and odours because of the production of low concentrations of metabolic products. Other nuisance organisms, generally referred to by the non-specific term "iron bacteria," cause offensive tastes in water by sporadically releasing relatively high concentrations of iron in distribution systems.

Several studies of the organoleptic properties of residual chlorine have been performed over the years, but further work will be required before the key questions have been answered. Under ideal conditions, the amount of free available chlorine at the consumer's tap should be sufficiently high to attest to its safety and sufficiently low to avoid objectionable taste and odour. The taste and odour thresholds of residual chlorine are thus of considerable interest. The most recent investigation of this subject found that the average taste threshold concentration of free residual chlorine increased from 0.075 mg/L to 0.450 mg/L as the pH increased from 5.0 to 9.0.[11] The average threshold was 0.156 mg/L, with a range of 0.02 to 0.29 mg/L at pH 7.0. These data indicate that taste sensitivity is greater for hypochlorous acid than for hypochlorite ion. As no odour could be detected in any of the test samples, hypochlorous acid would appear to belong to a relatively rare class of substances exhibiting both taste and odour in which the taste threshold concentration is lower than the odour threshold concentration. These findings are at variance with earlier reports that stated that *objectionable* tastes and odours are not produced by residual chlorine concentrations below 2.0 mg/L,[12] that the taste threshold (determined by an unusual statistical evaluation method) of chlorine in distilled water is 5.2 mg/L,[13] that chlorine taste and odour cannot be detected below a concentration of 1.5 mg/L in water[14] and that the characteristic taste and odour of chlorine could be detected in mineralized water at a concentration of 0.8 mg/L.[15] It is evident that a study of the results of panel tests on identical samples in different laboratories would be a valuable addition to the literature in this field. It has been noted that mixtures of free and combined available chlorine can give a large synergistic organoleptic effect.[16]

Although much more work is clearly called for, it is probable that most treatment plant operators have found the appropriate balance between the applied chlorine residual and consumer complaints by trial and error. Studies of taste thresholds for chlorine in mineralized water[15] and in coffee[13] also indicate that other constituents that cause taste in water can influence the magnitude of the threshold concentration. Thus, the nature of the raw water supply will be one major factor in the minimum detectable taste threshold concentration for residual chlorine. It should also be noted that some

consumers are assured of the safety of their water supply by the presence of a slight taste of chlorine.

Chemical Characteristics

The parameter that has been most closely related to taste in the past is "total dissolved solids (TDS)." The maximum recommended TDS levels, 500 to 1000 mg/L, have traditionally been set largely on the basis of early estimates of taste thresholds for the major anions and cations of water.[17] In an extensive, well-controlled mineral taste study conducted recently in California, the following relationship was developed between the perceived taste quality of a water supply and its TDS content: excellent, less than 300 mg/L; good, 301–600 mg/L; fair, 601–900 mg/L; poor, 901–1200 mg/L; and unacceptable, greater than 1200 mg/L.[3] Although the authors did not emphasize the point, the above scale is probably valid only for water supplies in which the concentrations of chloride and carbonate are comparatively low. As the constituents of water that are responsible for the properties of alkalinity and hardness are also major constituents of TDS, water supplies with high values for these characteristics will also tend to have offensive tastes.

Many of the inorganic chemical substances that occur in water exert an unpleasant taste at concentrations much lower than those at which acute toxic effects can occur, and limits for these substances are often set at levels at which their tastes (or other undesirable organoleptic properties) are thought to become objectionable to consumers. These substances are discussed briefly below.

Taste thresholds in distilled water for the major cations of drinking water — calcium, magnesium, sodium and potassium — have been reported to be approximately 125 mg/L, 100 mg/L, 30–140 mg/L and 340–680 mg/L, respectively.[18] The uncertainty associated with these determinations is largely due to the taste effect of their associated anions. With the possible exceptions of the threshold for calcium and magnesium, however, these concentrations are substantially higher than levels usually encountered in water. Also, the tastes of the major associated anions are usually more intense than those of the metal ions,[14] and objectionable tastes would therefore tend to occur below the taste threshold concentrations for calcium and magnesium.

Taste threshold tests for iron, as Fe(II), have shown that the most sensitive 5% of the members of a test panel can detect concentrations of 0.04 mg/L in distilled water and 0.12 mg/L in a mineralized spring water with a TDS content of 500 mg/L.[19] Earlier studies reported that small quantities of iron adversely affect the taste of water[20] and placed the taste threshold in distilled water at 0.1 mg/L.[21] The natural range of human taste acuity to iron also seems to be very wide; in the study cited above, the most acute tasters were 6400 times more sensitive than the least acute.[19] Unlike the case of iron, however, there are reports of water supplies containing zinc levels of 20 mg/L that have not been objected to on the basis of taste,[22] and some reviewers have concluded that zinc levels of 30 to 40 mg/L are reasonable for drinking water.[23] Further study of the nature of consumer acceptability ratings would also be of value in this case.

Reliable data on the taste and odour thresholds for sulphide in water are sparse, and the situation is complicated somewhat by the effect of pH on the position of the sulphide – bisulphide – hydrogen sulphide equilibrium. In the normal range of pH for drinking water, the equilibrium favours hydrogen sulphide over bisulphide to the extent of approximately 75 and 50% at pH values of 6.5 and 7.0, respectively, and bisulphide predominates to the extent of 90% at pH 8.0. The sulphide ion is present in appreciable concentrations only above pH 10.[24] Thus, the term "sulphide" in drinking water should be understood to refer to bisulphide or hydrogen sulphide. The median taste threshold for hydrogen sulphide in distilled water has been found to be 0.05 mg/L.[13] The odour threshold concentration for hydrogen sulphide in distilled water, however, is reported to be in the range of 10 to 100 mg/L.[25] On the basis of these data, the odour threshold concentration for hydrogen sulphide in distilled water is approximately one one-thousandth of its taste threshold concentration, and its odour can be masked to a very large extent by other odour-producing substances.

An interesting feature of a 1952 study,[26] performed to test the claim that fluoride at a concentration of 1 mg/L imparts an undesirable taste to water, was the finding that the most successful judges on a taste panel could distinguish between low fluoride concentrations and distilled water at concentrations *below* those at which fluoride was recognized by taste; this phenomenon has been named the subthreshold ionic effect. The most successful panelists also preferred the taste of very dilute fluoride solutions to that of distilled water and reported similar taste sensations for sodium chloride, potassium chloride, sodium fluoride and potassium fluoride at concentrations of 18 mg/L. More errors occurred for the potassium salts, however, which suggests that the subthreshold ionic effect might have been due to the sodium ion.

Health Considerations

The presence of offensive tastes in a public water supply may cause consumers to seek alternative sources of potable water that may or may not be subject to the same degree of protection afforded by the rejected supply. This has been exemplified by a survey, conducted by the California State Department of Public

Health, that found that consumers who objected to the taste of their public water supply were large-scale purchasers of bottled water.[27] Unfortunately, the taste of water provides no assurance that the water is free of pathogens or inorganic chemicals that are chronic toxicants. A degree of protection may be provided by the fact that median taste thresholds are generally much lower than the concentrations of inorganic substances that cause adverse health effects. As very large volumes of water are processed in treatment plants, even massive chemical spills would quickly be diluted to concentrations below the taste thresholds.

The health effects related to the taste of drinking water are thus indirect. Adverse tastes may cause the consumer to prefer an unsafe source; careful treatment to minimize non-specific tastes, however, can be expected to pay dividends by controlling other parameters, such as turbidity, which have a more direct influence on public health.

Conclusion

1. Taste (and odour) problems in drinking water supplies constitute the largest single class of consumer complaints, and experience has shown that the provision of drinking water that has an offensive taste will result in the rejection of the water supply by many consumers, some of whom may select an unsafe source of water as a replacement.

2. A numerical limit for taste in drinking water has not been established because there is no objective method for numerical measurement of taste and because there is considerable variation among consumers as to which tastes are acceptable. In many cases, sensations ascribed to the sense of taste may actually be odours.

3. Short-term changes in the normal taste of a public water supply may signal changes in the quality of the raw water source or deficiencies in the treatment process. The routine provision of water with an inoffensive taste will also assist in the detection of chemical corrosion and biological growths in the distribution system should objectionable tastes arise. The objective is therefore to provide water with inoffensive taste.

References

1. Rosen, A.A. and Booth, R.L. Taste and odour control. In: Water quality and treatment; a handbook of public water supplies. 3rd edition. American Water Works Association. McGraw-Hill, Toronto. p. 225 (1971).

2. Suffett, I.H. and Segall, S. Detecting taste and odor in drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 63: 605 (1971).

3. Bruvold, W.H. Human perception and evaluation of water quality. Crit. Rev. Environ. Control, 5: 153 (1975).

4. Swets, J.A. Is there a sensory threshold? Science, 134: 168 (1961).

5. Baker, R.A. Dechlorination and sensory control. J. Am. Water Works Assoc., 56: 1578 (1964).

6. Baker, R.A. Taste and odours joint discussion: examination of present knowledge. J. Am. Water Works Assoc., 58: 695 (1966).

7. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th edition. Washington, DC. p. 121 (1976).

8. American Water Works Association. Handbook of taste and odour control experiences in the U.S. and Canada. Denver, CO (1976).

9. Riddick, T.M. Zeta potential polymers. J. Am. Water Works Assoc., 58: 719 (1966).

10. Pangborn, R.M. and Bertolero, L.L. Influence of temperature on taste intensity and degree of liking of drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 64: 511 (1972).

11. Bryan, P.E., Kuzminski, L.N., Sawyer, F.M. and Feng, T.H. Taste thresholds of halogens in water. J. Am. Water Works Assoc., 65: 363 (1973).

12. McKee, J.E. and Wolf, H.W. (eds.). Water quality criteria. 2nd edition. Publ. No. 3-A, State Water Quality Control Board, Sacramento, CA (1963).

13. Campbell, C.L., Dawes, R.K., Deolalkar, S. and Merritt, M.C. Effects of certain chemicals in water on the flavour of brewed coffee. Food Res., 23: 575 (1958).

14. Sperry, W.A. and Billings, L.C. Tastes and odours from chlorination. J. Am. Water Works Assoc., 8: 603 (1921).

15. Pangborn, R.M., Trabue, I.M. and Baldwin, R.E. Sensory examination of mineralized chlorinated waters. J. Am. Water Works Assoc., 62: 572 (1970).

16. Williams, D.B. Operators' problems in small plant. J. Am. Water Works Assoc., 58: 703 (1966).

17. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Drinking water standards. Publ. No. 956, Public Health Service, Rockville, MD (1962).

18. Lockhart, E.E., Tucker, C.L. and Merritt, M.C. The effect of water impurities on the flavor of brewed coffee. Food Res., 20: 598 (1955).

19. Cohen, J.M., Kamphake, L.J., Harris, E.K. and Woodward, R.L. Taste threshold concentrations of metals in drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 52: 660 (1960).

20. Riddick, T.M., Lindsey, N.L. and Tomassi, A. Iron and manganese in water supplies. J. Am. Water Works Assoc., 50: 688 (1958).

21. Balavoine, P. Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg., 39: 27 (1948).

22. Bartow, E. and Weigle, O.M. Zinc in water supplies. Ind. Eng. Chem., 24: 463 (1932).

23. Hegstedt, D., McKibben, J. and Drinker, C. Public Health Rep., 60: 179 (1945).

24. National Academy of Sciences. Water quality criteria 1972. Committee on Water Quality Criteria Rep. EPA-R-73-033, U.S. Government Printing Office, Washington, DC (1973).

25. Pomeroy, R.D. and Cruse, H. Hydrogen sulfide odor threshold. J. Am. Water Works Assoc., 61: 677 (1969).

26. Cox, G.J. and Nathans, J.W. A study of the taste of fluoridated water. J. Am. Water Works Assoc., 44: 940 (1952).

27. California State Department of Public Health. Unpublished Bureau of Sanitary Engineering report, cited in reference 17.

Le goût

Il n'existe aucune méthode qui permette de mesurer le goût de façon objective; la tolérance varie d'ailleurs, à cet égard, d'un consommateur à l'autre. On n'a pas encore établi de limite numérique relative au goût de l'eau potable.

Définition et mesure

Dans la perspective de la qualité de l'eau potable, l'odeur et le goût sont des paramètres complémentaires. En général, le goût est très utile pour déceler les constituantes inorganiques ioniques de l'eau potable, tandis que l'odorat s'avère fort utile pour déceler les constituants organiques covalents. La complémentarité du goût et de l'odorat se vérifie à nouveau dans les limites de détection; en général, l'odorat réagit à des concentrations beaucoup plus faibles que ne le fait le goût.(1)

Il est très important d'établir une distinction entre le goût et la flaveur d'une substance. La flaveur est une sensation complexe, influencée principalement par le goût, l'odeur et la température, puis par d'autres facteurs comme la texture et l'âcreté. Des théories et des définitions reconnues décrivent le goût comme étant le sens qui perçoit uniquement la douceur, l'aigreur, la salure et l'amertume; les nuances du goût semblent être liées à l'intensité de la réponse des différentes papilles gustatives à ces sensations.(2) Par conséquent, on définit en toute rigueur le goût de l'eau potable comme étant la sensation que provoquent des substances présentes dans l'eau dont les tensions de vapeur et l'odeur sont négligeables. On n'effectuera donc les essais sur le goût qu'avec des échantillons d'eau inodore. L'absence d'une telle précaution est en grande partie responsable de la confusion qui caractérise les ouvrages plus anciens sur la qualité organoleptique de l'eau potable.

On a procédé à des essais de deux types pour analyser le goût de l'eau potable. La première catégorie d'essais visait à déterminer quantitativement l'intensité du goût par rapport à une norme d'«insipidité» (eau distillée); la deuxième a pour but de déterminer les limites acceptables de la sapidité de l'eau par rapport aux échelles subjectives d'évaluation faisant appel à des valeurs numériques. L'exigence canadienne selon laquelle l'eau potable ne doit pas avoir un goût désagréable n'est qu'une variante qualitative de la deuxième catégorie d'essais.

Les tests de gustation ont fait en général l'objet de nombreuses critiques. L'utilisation d'eau distillée comme étalon de mesure de l'insipidité dans les essais visant à déterminer le seuil du goût et comme rince-bouche dans les tests subjectifs fausse probablement les résultats; à peine une poignée de chercheurs a tenté de tenir compte de cette déformation.(3) La notion même de seuil sensoriel a également été mise en question.(4) Lorsqu'ils exigent un jury nombreux, les tests de gustation sont coûteux, longs et difficiles à effectuer dans les petites installations de traitement.(3) Quand ils sont effectués à l'usine de traitement de l'eau, ils peuvent faire erreur sur le goût de l'eau fournie au consommateur, puisque l'une des propriétés du chlore résiduel a pour effet de masquer les goûts désagréables, mais que cet effet s'atténue au fur et à mesure que la quantité de chlore résiduel diminue dans le réseau de distribution.(5) Par contre, les produits chimiques utilisés pour déchlorer l'eau avant les essais afin d'éviter l'effet décrit plus haut peuvent accentuer le goût de l'eau.(5) D'autres critiques font état de la marge importante qu'il faut réserver à l'erreur humaine dans les tests de gustation et à l'interférence possible de préférences personnelles, ou encore à l'adaptation physiologique à un type d'eau. Les différences dans le mode opératoire des essais ainsi que dans le traitement statistique et dans l'interprétation des résultats constituent d'autres écueils d'importance. Il semble particulièrement délicat de situer le seuil du goût dans la gamme étendue des résultats d'essais obtenus par les dégustateurs. À cause de toutes ces lacunes, des auteurs estiment, depuis quelque temps déjà, qu'il faut consacrer plus d'efforts à la recherche et à la mise au point de nouvelles méthodes d'essais sur le goût.(6)

Toutefois, le problème le plus épineux dans la mesure du goût de l'eau du robinet découle du fait qu'il est, au mieux, difficile de rattacher les résultats obtenus par un jury de dégustateurs aux exigences des consommateurs d'une eau potable donnée.(7) Les seuils du goût ne peuvent se mesurer qu'en fonction des individus; les résultats des essais, quant à eux, donnent toute une gamme de valeurs pour le seuil du goût. Comme les collectivités comptent beaucoup plus de membres que

les groupes d'essais, il arrive que la limite supérieure de ce qui est acceptable pour un grand nombre de consommateurs corresponde à une valeur située en deçà de la limite inférieure de perception du groupe de dégustateurs. C'est la raison pour laquelle les responsables du service d'approvisionnement en eau potable doivent s'efforcer d'éliminer complètement les goûts désagréables et de contrôler constamment le goût de l'eau au cours des diverses étapes de traitement, de façon à pouvoir prendre les mesures préventives nécessaires avant que les consommateurs ne se plaignent.

Présence dans l'environnement

Les plaintes provenant des consommateurs ont principalement trait à des problèmes relatifs au goût et à l'odeur de l'eau potable. N'importe quelle eau peut présenter des problèmes de ce type à tout moment de l'année; ces problèmes peuvent être d'origine naturelle ou se rattacher à une activité industrielle. Il faut le plus souvent en rechercher la cause dans l'eau brute, la méthode de traitement ou le réseau de distribution, ou encore dans une combinaison de ces trois facteurs.

On a publié les résultats d'une étude relative au goût et à l'odeur de l'eau, menée dans 120 usines canadiennes et américaines de traitement.[8] Des onze usines canadiennes en cause, deux seulement ne présentaient aucun problème d'odeur ou de goût. En général, cette étude a montré que les problèmes étaient moins fréquents dans les usines alimentées en eau souterraine (40 % des cas). Soixante-dix pour cent de celles dont l'approvisionnement était mixte (eau souterraine et eau de surface) avaient des problèmes de goût et d'odeur; cette proportion atteignait 85 % dans le cas de celles qui étaient alimentées en eau de surface seulement. Pour ce qui est des installations alimentées en eau de surface, on a précisé, dans la majorité des cas, que les problèmes de goût et d'odeur variaient selon les saisons, ce qui signifierait que les problèmes qu'ils rencontrent le plus souvent sont en grande partie d'origine biologique.

Relations avec d'autres paramètres de la qualité de l'eau

D'autres paramètres de l'eau potable peuvent être liés au goût et à l'odeur. Ils peuvent affecter le goût seulement, l'odeur seulement ou les deux à la fois.

Caractéristiques physiques

En général, comme les problèmes de goût (et d'odeur) non spécifiques sont associés à une coloration et à une turbidité élevées, on a présumé que les matières colloïdales qui influent sur ces deux paramètres pouvaient en être la cause.[9] Une constation étayait cette hypothèse : l'eau des usines de traitement qui pratiquent une floculation efficace était presque exempte de goût (et d'odeur).

Le goût de l'eau est relié de plusieurs façons à la température. L'acuité du goût est fonction de la température.[10] On obtient une réponse optimale lorsque la température de l'eau est voisine de celle du corps ou égale à elle.[7] L'influence de la température sur le goût est cependant fonction de la nature des substances présentes dans l'eau.[10] La température affecte la sapidité de l'eau potable dans la mesure où elle influence l'équilibre chimique au profit des constituants du goût. La prolifération des microorganismes qui produisent les métabolites générateurs de saveur déplaisante est également favorisée par des températures élevées, de même que le taux de formation de produits corrosifs à saveur désagréable.

Le pH de l'eau potable peut influer de façon considérable sur le goût (et l'odeur) dans les cas où il contrôle la concentration d'équilibre des formes neutres et ionisées des substances en solution. De plus, le pH d'une solution exerce une grande influence sur les réactions qui sont à l'origine de substances à flaveurs prononcées comme les chlorophénols.

Caractéristiques microbiologiques

La présence, à un taux élevé, d'organismes nuisibles dans l'eau peut provoquer des goûts et des odeurs désagréables en raison de la production de substances métaboliques en faibles concentrations. D'autres organismes nuisibles, désignés par l'expression non spécifique de «bactéries ferrugineuses», communiquent des goûts désagréables à l'eau en libérant occasionnellement des concentrations assez élevées de fer dans les réseaux de distribution.

Avec les années, on a effectué plusieurs études sur les propriétés organoleptiques du chlore résiduel; mais il faudra d'autres recherches encore pour résoudre les questions clés. Dans des conditions idéales, la quantité de chlore libre dans l'eau du robinet doit être suffisamment élevée pour assurer la sécurité du consommateur, mais assez faible pour que l'eau ne présente pas de goût ou d'odeur désagréable. Les seuils de l'odeur et du goût du chlore résiduel revêtent donc une importance considérable. Les recherches les plus récentes à ce sujet ont montré que la concentration-seuil du goût de chlore résiduel libre passait de 0,075 mg/L à 0,450 mg/L lorsque le pH augmentait de 5 à 9.[11] Le seuil moyen atteignait alors 0,156 mg/L (plage de 0,02 à 0,29 mg/L) à un pH de 7. Ces données indiquent que la sensibilité gustative face à l'acide hypochloreux est supérieure à la sensibilité gustative face à l'ion hypochlorite. Comme on n'avait pu déceler d'odeur dans aucun des échantillons d'essai, on peut conclure que l'acide hypochloreux semble appartenir à une catégorie relativement rare de substances qui présentent à la fois un goût et une odeur et dont la concentration-seuil du goût est inférieure à la concentration-seuil de l'odeur. Des ouvrages moins récents avaient affirmé que des

concentrations de chlore résiduel inférieures à 2 mg/L[12] ne provoquaient ni odeur ni goût désagréables, que le seuil du goût (déterminé au moyen d'une méthode d'évaluation statistique inhabituelle) du chlore dans l'eau distillée correspond à 5,2 mg/L,[13] que le goût et l'odeur du chlore ne peuvent être décelés, dans l'eau, en concentrations inférieures à 1,5 mg/L,[14] tandis que, dans l'eau minéralisée, ils peuvent l'être à une concentration de 0,8 mg/L.[15] Il va de soi qu'une étude des résultats de tests de gustation effectués sur des échantillons identiques dans des laboratoires différents constituerait un apport valable dans ce domaine. On a constaté que le chlore libre et le chlore combiné peuvent, en se mélangeant, avoir un effet organoleptique synergique important.[16]

Même s'il y a encore manifestement beaucoup de travail à faire, il est probable que la majorité des opérateurs des usines de traitement ont trouvé, après beaucoup d'essais et d'erreurs, la teneur maximale en chlore résiduel que peut présenter l'eau avant d'être rejetée par les consommateurs. Des études relatives aux seuils du goût du chlore dans l'eau minéralisée[15] et dans le café[13] indiquent également que d'autres éléments constitutifs qui donnent un goût à l'eau peuvent influencer l'ordre de grandeur de la concentration-seuil. Ainsi, la nature de l'eau brute aura une influence primordiale sur la concentration-seuil du goût du chlore résiduel. On notera également que certains consommateurs se sentent rassurés, quant à la qualité de leur eau, lorsqu'elle présente un léger goût de chlore.

Caractéristiques chimiques

Le paramètre que l'on a associé le plus étroitement au goût, dans le passé, est celui de la teneur de l'eau en matières dissoutes totales (MDT). On situait traditionnellement la limite maximale recommandée pour ce paramètre entre 500 et 1 000 mg/L, en se basant surtout sur des évaluations antérieures des seuils du goût pour les principaux anions et cations de l'eau.[17] Au cours d'une étude longue et rigoureuse effectuée récemment en Californie et portant sur le goût minéral de l'eau, on a établi une relation entre la qualité du goût d'une eau de consommation et son contenu en MDT : qualité excellente, moins de 300 mg/L; bonne, 301 à 600 mg/L; passable, 601 à 900 mg/L; médiocre, 901 à 1 200 mg/L; et inacceptable, plus de 1 200 mg/L.[3] Même si les auteurs n'ont pas souligné le fait, cette échelle ne vaut probablement que pour l'eau qui contient des teneurs relativement faibles en chlorures et en carbonates. Comme les éléments constitutifs de l'eau qui déterminent l'alcalinité et la dureté représentent également une bonne part de MDT, les eaux très alcalines et très dures auront donc souvent un goût désagréable.

Une foule de substances chimiques inorganiques présentes dans l'eau donnent un goût désagréable à des concentrations bien inférieures à celles qui peuvent provoquer des effets toxiques aigus; pour établir les normes relatives à ces substances, on a adopté des valeurs assez basses pour que leur goût, ou leurs autres propriétés organoleptiques fâcheuses, ne soient pas désagréables pour les consommateurs. Ces substances sont brièvement examinées ci-après.

Les seuils du goût, dans l'eau distillée, des principaux cations de l'eau potable (calcium, magnésium, sodium et potassium) se situent respectivement aux environs de 125 mg/L, 100 mg/L, de 30 à 140 mg/L et de 340 à 680 mg/L.[18] On impute en grande partie l'imprécision de ces valeurs à l'influence sur le goût des anions correspondants. Cependant, à l'exception peut-être du calcium et du magnésium, la concentration probable de ces éléments dans l'eau est bien inférieure à leur seuil du goût. De plus, le goût des principaux anions correspondants est habituellement plus prononcé que celui des ions des métaux;[4] ainsi, les saveurs désagréables se manifesteront plutôt à des concentrations inférieures au seuil du goût pour le calcium et le magnésium.

Les essais relatifs au seuil du goût pour le fer sous l'espèce Fe (II) ont montré que les dégustateurs les plus sensibles (5 %) d'un groupe décelaient un goût de fer à des concentrations de 0,04 mg/L dans une eau distillée et de 0,12 mg/L dans une eau de source minéralisée contenant 500 mg/L de MDT.[19] Des études antérieures affirmaient que de petites quantités de fer affectent le goût de l'eau[20] et fixaient le seuil du goût dans l'eau distillée à 0,1 mg/L.[21] Ici encore, la sensibilité gustative de l'homme, en ce qui concerne le fer, semble être très inégale; dans le cadre de l'étude citée plus haut, la sensibilité gustative des dégustateurs les plus efficaces etait 6 400 fois plus grande que celle des moins efficaces.[19] Contrairement à la situation eu égard au fer, cependant, des rapports font état de cas où une eau contenant des concentrations de zinc de 20 mg/L n'a pas soulevé de plaintes relatives à son goût;[22] certains auteurs en ont conclu que des concentrations de zinc de 30 à 40 mg/L dans l'eau potable étaient raisonnables.[23] D'autres études portant sur la tolérance des consommateurs seraient également précieuses dans ce cas.

Les données sûres traitant des seuils du goût et de l'odeur des sulfures dans l'eau sont rares; la situation se complique quelque peu vu l'effet du pH quant à l'équilibre sulfure-bisulfure-sulfure d'hydrogène. Dans la gamme des pH normaux de l'eau potable, l'équilibre penche en faveur du sulfure d'hydrogène par rapport au bisulfure; cette position privilégiée du premier composé se situe aux alentours de 75 % et 50 % à des pH de 6,5 et 7,0 respectivement. Cependant, le bisulfure prédomine dans une proportion de 90 % à un pH de 8. L'ion sulfure n'est présent en concentrations appréciables que lorsque le pH est supérieur à 10.[24] Ainsi, le terme «sulfure», appliqué à l'eau potable, se rapporte en fait au bisulfure ou au sulfure d'hydrogène.

On a déterminé que le seuil moyen du goût, pour le sulfure d'hydrogène dans l'eau distillée, correspondait à 0,05 mg/L.[13] Cependant, on situe la concentration-seuil de l'odeur du même composé, dans l'eau distillée, entre 10 et 100 mg/L.[25] D'après ces données, la concentration-seuil de l'odeur du sulfure d'hydrogène dans l'eau distillée correspondrait à environ un millième de la concentration-seuil de son goût; l'odeur de cette substance peut être masquée, dans une large mesure, par d'autres substances dégageant des odeurs.

Dans une étude effectuée en 1952[26] pour vérifier le bien-fondé de l'assertion voulant que le fluorure, à une concentration de 1 mg/L, donne à l'eau potable un goût désagréable, on avait noté que certains dégustateurs étaient capables de distinguer une eau distillée d'une eau contenant des concentrations de fluorures *inférieures* à celles auxquelles on perçoit le goût du fluorure; on a parlé à ce sujet d'effet ionique d'abaissement du seuil. En outre, ces dégustateurs préféraient le goût des solutions de fluorure très dilué à celui de l'eau distillée; ils exprimaient des préférences analogues pour le chlorure de sodium, le chlorure de potassium, le fluorure de sodium et le fluorure de potassium à des concentrations de 18 mg/L. Les erreurs étaient cependant plus nombreuses en ce qui a trait aux sels de potassium, ce qui sous-entend que l'effet ionique d'abaissement du seuil pouvait être dû à l'ion sodium.

Répercussions sur la santé

Si une eau de consommation présente un goût désagréable, le consommateur peut être porté à s'approvisionner à d'autres sources d'eau potable dont la salubrité ne sera pas nécessairement contrôlée aussi rigoureusement que celle de l'eau de consommation rejetée. L'enquête menée par le Department of Public Health de l'État de la Californie offre un exemple de ce genre. Cette enquête a montré que les consommateurs qui n'étaient pas satisfaits de l'eau du robinet achetaient beaucoup d'eau en bouteille.[27] Il s'agit là d'une situation déplorable, car le goût de l'eau n'est pas un critère permettant de préjuger de l'absence d'organismes pathogènes ou de substances chimiques inorganiques dont la toxicité est chronique. Le fait que les concentrations à partir desquelles certaines autres substances inorganiques commencent à avoir des effets nocifs aigus sont habituellement beaucoup plus élevées que les seuils moyens du goût de ces substances peut constituer une certaine forme de protection. Il est généralement très difficile de maintenir les concentrations de ces substances aux environs de leurs seuils du goût, même par déversement massif de produits chimiques, parce que les usines traitent de très grandes quantités d'eau.

Les répercussions du goût de l'eau potable sur la santé ne peuvent donc être qu'indirectes. Le consommateur peut préférer une eau potentiellement dangereuse parce que l'eau de consommation courante a un goût désagréable. On peut s'attendre à ce qu'un traitement approprié destiné à éliminer les goûts non spécifiques de l'eau puisse être profitable parce qu'il permettra de contrôler d'autres paramètres, comme la turbidité, qui eux, influent directement sur la salubrité de l'eau.

Conclusion

1. Les plaintes provenant des consommateurs ont principalement trait à des problèmes relatifs au goût (et à l'odeur) de l'eau potable. L'expérience a montré qu'une eau potable ayant un goût désagréable pouvait rebuter de nombreux consommateurs et que certains d'entre eux risquaient de la remplacer par une eau insalubre.

2. Aucune limite numérique n'a été établie en ce qui concerne le goût de l'eau potable parce qu'il n'existe aucune méthode objective permettant de mesurer numériquement le goût et parce que les limites de tolérance varient énormément d'un consommateur à l'autre. Dans de nombreux cas, les sensations que l'on croit être d'origine gustative peuvent être en réalité d'origine olfactive.

3. Des changements de courte durée dans le goût habituel de l'eau du robinet constituent un indice de l'altération de la qualité de la source d'approvisionnement en eau brute ou de failles dans le processus de traitement. Le fait que des goûts désagréables puissent se manifester dans une eau de distribution qui en est habituellement dépourvue permet également de dépister plus facilement la corrosion chimique et les proliférations biologiques dans le réseau. L'objectif à poursuivre consiste donc à fournir une eau qui ne présente pas de goût désagréable.

Références bibliographiques

1. Rosen, A.A. et Booth, R.L. Taste and odour control. Dans : Water Quality and Treatment; a handbook of water supplies. 3e édition, p. 225. McGraw-Hill, Toronto (1971).

2. Suffett, I.H. et Segall, S. Detecting taste and odor in drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 63 : 605 (1971).

3. Bruvold, W.H. Human perception and evaluation of water quality. Crit. Rev. Environ. Control, 5 : 153 (1975).

4. Swets, J.A. Is there a sensory threshold? Science, 134 : 168 (1961).

5. Baker, R.A. Dechlorination and sensory control. J. Am. Water Works Assoc., 56 : 1578 (1964).

6. Baker, R.A. Taste and odours joint discussion: examination of present knowledge. J. Am. Water Works Assoc., 58 : 695 (1966).

7. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14e édition, p. 121. Washington, DC (1976).

8. American Water Works Association. Handbook of Taste and Odour Control Experiences in the U.S. and Canada. Denver, CO (1976).

9. Riddick, T.M. Zeta potential polymers. J. Am. Water Works Assoc., 58 : 719 (1966).

10. Pangborn, R.M. et Bertolero, L.L. Influence of temperature on taste intensity and degree of liking of drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 64 : 511 (1972).

11. Bryan, P.E., Kuzminski, L.N., Sawyer, F.M. et Feng, T.H. Taste thresholds of halogens in water. J. Am. Water Works Assoc., 65 : 363 (1973).

12. McKee, J.E. et Wolf, H.W. (dir. de publ.). Water Quality Criteria. 2e édition. Publication nº 3-A, State Water Quality Control Board, Sacramento, CA (1963).

13. Campbell, C.L., Dawes, R.K., Deolalkar, S. et Merritt, M.C. Effects of certain chemicals in water on the flavour of brewed coffee. Food Res., 23 : 575 (1958).

14. Sperry, W.A. et Billings, L.C. Tastes and odours from chlorination. J. Am. Water Works Assoc., 8 : 603 (19[illegible]).

15. Pangborn, R.M., Trabue, I.M. et Baldwin, R.E. Sensory examination of mineralized chlorinated waters. J. Am. Water Works Assoc., 62 : 572 (1970).

16. Williams, D.B. Operators' problems in small plant. J. Am. Water Works Assoc., 58 : 703 (1966).

17. U.S. Department of Health. Education and Welfare. Drinking Water Standards. Publication 956, Public Health Service, Rockville, MD (1962).

18. Lockhart, E.E., Tucker, C.L. et Merritt, M.C. The effect of water impurities on the flavor of brewed coffee. Food Res., 20 : 598 (1955).

19. Cohen, J.M., Kamphake, L.J., Harris, E.K. et Woodward, R.L. Taste threshold concentrations of metals in drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 52 : 660 (1960).

20. Riddick, T.M., Lindsey, N.L. et Tomassi, A. Iron and manganese in water supplies. J. Am. Water Works Assoc., 50 : 688 (1958).

21. Balavoine, P. Mitt. Geb. Lebensmitteluners. Hyg., 39 : 27 (1948).

22. Bartow, E. et Weigle, O.M. Zinc in water supplies. Ind. Eng. Chem., 24 : 463 (1932).

23. Hegstedt, D., McKibben, J. et Drinker, C. Public Health Rep., 60 : 179 (1945).

24. National Academy of Sciences. Water Quality Criteria 1972. Committee on Water Quality Criteria Rep. EPA-R-73-033, U.S. Government Printing Office, Washington, DC (1973).

25. Pomeroy, R.D. et Cruse, H. Hydrogen sulfide odor threshold. J. Am. Water Works Assoc., 61 : 677 (1969).

26. Cox, G.J. et Nathans, J.W. A study of the taste of fluoridated water. J. Am. Water Works Assoc., 44 : 940 (1952).

27. California State Department of Public Health, Bureau of Sanitary Engineering. Rapport non publié. Cité à la référence 17.